

УДК 621.396.96

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОБНАРУЖЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ ЦЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ СОВМЕСТНОГО ОТНОШЕНИЯ ПРАВДОПОДОБИЯ ДЛЯ ДВУХПОЗИЦИОННОГО РАДИОЛОКАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА

Коробов Д.А.,**научный руководитель канд. техн. наук Лютиков И.В.*****Сибирский Федеральный университет***

1. Введение

Воздушный бой – главный вид боевых действий истребителей ВВС. Основным видом современного воздушного боя является дальний всеракурсный групповой воздушный бой, в котором с одной стороны участвует минимум от 2 до 4 истребителей. Исход дальнего воздушного боя зависит как от характеристик оружия, так и от характеристик бортовых радиолокационных станций (БРЛС), которые зачастую являются основным источником информации о воздушной обстановке (ВО) и во многом будет определяться качеством и своевременностью информации о воздушном противнике. Для истребителя задача обнаружения воздушных целей (ВЦ) является первичной и весомо влияющей на исход предстоящего воздушного боя. Поэтому для получения преимущества в предстоящем воздушном бою необходимо превосходство в дальности обнаружения и применения оружия.

Увеличение дальности обнаружения ВЦ БРЛС современных истребителей позволяет: во-первых, увеличить располагаемое время лётчику на принятие (уточнение) решения на воздушный бой и первым начать манёвр для занятия тактически выгодного положения, тем самым упредив противника в применении оружия и сведения до минимума вероятности ответного удара; во-вторых, успешно осуществлять самостоятельный поиск и уничтожение малозаметных, малоразмерных ВЦ; в-третьих, позволяет эффективно применять ракеты дальнего воздушного боя.

Некоторые существующие однопозиционные импульсно-доплеровские БРЛС обладают рядом недостатков, обусловленных следующими особенностями решения ими задачи обнаружения. Использование нескольких частот повторения зондирующих импульсов с целью устранения, так называемых «слепых» зон, обусловленных бланкированием приемника на время излучения и для однозначного измерения дальности до ВЦ, реализует согласованную обработку принимаемой пачки импульсов и принятие решения о её наличии или отсутствии за время каждого интервала её накопления (когерентного и (или) некогерентного). Объединение информации о результатах обработки сигналов за интервалы накопления на нескольких частотах повторения при этом не производится. Это приводит к нерациональному расходу энергетического ресурса станции, к потере потенциальной возможности использования результатов обработки сигналов за всё время облучения цели (все интервалы накопления на различных частотах повторения). Одним из путей устранения указанных недостатков

является использование алгоритмов обнаружения на основе совместного отношения правдоподобия за несколько частот повторения сигнала (некогерентное накопление) для многопозиционных, в частности, двухпозиционных систем.

При разработке алгоритма обнаружения ВЦ для ДПАРЛК (и для последующего исследования характеристик позиций в равных условиях) условимся использовать геометрические соотношения взаимного местоположения воздушных объектов (ВЦ, активно-пассивной и пассивной позиций) показанные на рисунке 1, когда воздушная цель находится в точке, характеризуемой радиус-вектором положения $\vec{P}_{ВЦ}[x_{ВЦ}; y_{ВЦ}; z_{ВЦ}]$, активно-пассивная позиция №1 находится в точке, характеризуемом радиус-вектором положения $\vec{P}_{П1}[x_{П1}; y_{П1}; z_{П1}]$, пассивная позиция №2 находится в точке, характеризуемой радиус-вектором положения $\vec{P}_{П2}[x_{П2}; y_{П2}; z_{П2}]$. При этом дальность $D_{ВЦП1} = |\vec{r}_1| = D_{ВЦП2} = |\vec{r}_2|$ (вследствие чего $t_{зн1}^{(n)} = t_{зн2}^{(n)}$), а вектора скоростей соответственно имеют такие значения $\vec{V}_{ВЦ}[\vec{V}_{ВЦx}, \vec{V}_{ВЦy}, \vec{V}_{ВЦz}]$, $\vec{V}_{П1}[\vec{V}_{П1x}, \vec{V}_{П1y}, \vec{V}_{П1z}]$, $\vec{V}_{П2}[\vec{V}_{П2x}, \vec{V}_{П2y}, \vec{V}_{П2z}]$, чтобы частота Доплера принимаемых на позициях сигналов была одинаковой $F_{Д1} = F_{Д2}$.

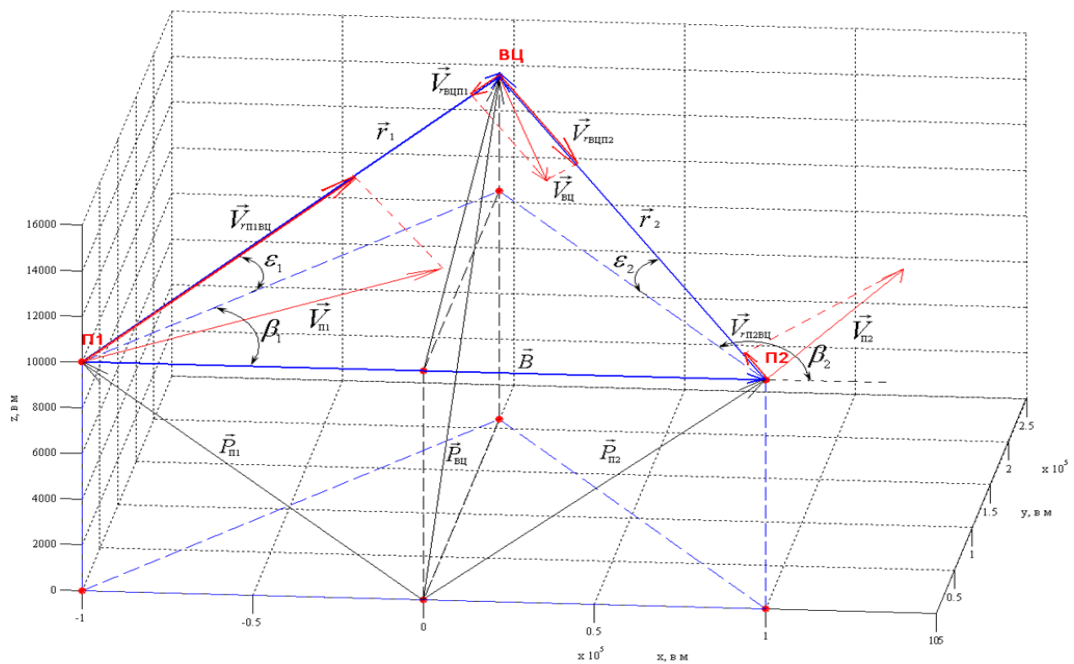


Рисунок 1 – Геометрические соотношения «П1-ВЦ-П2»

2. Формализация задачи

В качестве критерия выбран условный максимум дальности обнаружения воздушных целей при заданных ресурсных ограничениях и условных вероятностях правильного обнаружения и ложной тревоги:

$$\hat{E} : \max_{\vec{d}_1 \in D_1} \dot{A}_{\hat{A}\ddot{O}}(p, \vec{d}_1 / \vec{a}, \vec{a}, \vec{d}_2),$$

$$\text{при } C \leq C_{\hat{I}}, P_{\ddot{I}\ddot{I}} \geq P_{\ddot{I}\ddot{I}_{\hat{I}}}, P_{\ddot{e}\ddot{o}} \leq P_{\ddot{e}\ddot{o}_{\hat{I}}},$$

- где $D_{ВЦ}$ – дальность обнаружения воздушных целей;
- \vec{d}_1 – вектор варьируемых параметров алгоритма обнаружения ВЦ;
- $C_{P_{\text{лм}_0}}^{(N)}$ – значение порога, обеспечивающего заданную $P_{\text{лм}_0} = 10^{-2}$ в пространственно-время-частотном элементе разрешения ДП РЛК;
- $V_{\text{лм}}^{(N)}$ – значение порога, обеспечивающего заданную условную вероятность $P_{\text{лм}_k} = 10^{-6}$ во время-частотном элементе разрешения на каждой позиции;
- \vec{d}_2 – вектор не варьируемых параметров алгоритма обнаружения ВЦ;
- \vec{a} – вектор параметров, характеризующих противника;
- \vec{e} – вектор параметров, характеризующих среду;
- C_o – заданные ресурсные ограничения;
- C – ресурсные ограничения алгоритма обнаружения ВЦ;
- P_{no} – требуемая вероятность правильного обнаружения ВЦ;
- P_{no} – вероятность правильного обнаружения алгоритма обнаружения ВЦ;
- $P_{\text{лм}_0}$ – требуемое среднее количество ложных тревог за время наблюдения на фиксированном угловом положении главных лучей ДН ФАР БРЛС;

3. Выводы

Предполагается, что применение предлагаемого алгоритма на основе совместного отношения правдоподобия за несколько интервалов когерентного накопления на различных частотах повторения для двухпозиционного радиолокационного комплекса на базе БРЛС при многоканальном его построении, устраняющем априорную неопределенность по времени задержки, частоте Доплера и длительности импульсов приведет к существенному увеличению максимальной дальности обнаружения ВЦ, что в дальнейшем требует подтверждения результатами имитационного моделирования с использованием метода Монте-Карло.